

EFFECTOS DE LA INGESTA DE AGUA BICARBONATADA PREVIO AL EJERCICIO AERÓBICO EN SUJETOS SEDENTARIOS

Effects of bicarbonated water intake prior to aerobic exercise in sedentary subjects

Jesús L. Lozada M.¹

José R. Padilla A.²

Manuel de J. Cortina N.³

Luis Cardozo P.⁴

RESUMEN

El uso de ayudas ergogénicas resulta el último recurso legal dentro del deporte organizado. Además, representa una opción ética para auxiliar a personas no deportistas con interés en realizar actividad física regular, con el cuidado de su equilibrio orgánico. El objetivo de la investigación es analizar los efectos de la ingesta del agua bicarbonatada previo a la ejecución de ejercicio aeróbico en sujetos sedentarios. Se evaluaron a cinco (5) sujetos del sexo masculino con edades promedio de 31 años para el grupo control y 29,3 años para el experimental, el cual ingirió una disolución al 5% de Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3). Las muestras de pH y volumen urinario fueron tomadas antes de la prueba y luego de finalizada la misma, con un intervalo de 15 minutos para la recolección

- 1 Master Fisiología del Ejercicio, Doctorando Ciencias de la Actividad Física y el Deporte; Docente Corporación Universitaria del Caribe CECAR (Sincelejo-Colombia); Grupo de investigación OICA-FD-UNELLEZ (Barinas-Venezuela). jesus.lozadam@cecar.edu.co
- 2 Master Fisiología del Ejercicio, Doctorando Ciencias de la Actividad Física y el Deporte; Docente Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora"; Grupo de investigación OICA-FD-UNELLEZ (Barinas-Venezuela). joserafael.pa@gmail.com
- 3 Master Fisiología del Ejercicio, Doctorando Educación Deportiva y Ciencias del Deporte; Decano Universidad de Córdoba (Montería-Colombia); Grupo de investigación OICA-FD-UNELLEZ (Barinas-Venezuela). mjcortinanunez@correo.unicordoba.edu.co
- 4 Master Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Doctorando Educación Deportiva y Ciencias del Deporte; Docente Universidad San Buenaventura (Cartagena-Colombia). arcangel_0882@hotmail.com

post-test. Los resultados de la investigación demuestran que se presenta una tendencia a la alcalinidad del pH urinario en el grupo experimental, con valores de 6,58 pre-test y 7,21 post-test, mientras el grupo control mantuvo la acidez desde su valor pre-test en 6,47 manteniéndose ácido hasta 6,35. El volumen urinario mantuvo una tendencia a la reducción durante la recuperación del ejercicio en ambos grupos. En conclusión: al monitorear la respuesta renal, hay evidencia de la manifestación del efecto tampón del bicarbonato, así mismo, se considera eficaz para el grupo en estudio, la tolerancia orgánica de la estrategia de elaborar e ingerir la disolución al 5% de concentración de NaHCO_3 .

Palabras clave: tampones, ph, orina, Bicarbonato de Sodio, ejercicio.

ABSTRACT

The use of ergogenic aids is the last legal recourse within organised sport. It also represents an ethical option to help non-athletes interested in regular physical activity, taking care of their organic balance. The objective of the research is to analyze the effects of the ingestion of bicarbonated water prior to the execution of aerobic exercise in sedentary subjects. Five (5) male subjects were evaluated with an average age of 31 years for the control group and 29.3 years for the experimental group, which ingested a 5% solution of Sodium Bicarbonate (NaHCO_3). Samples of pH and urinary volume were taken before and after the test, with an interval of 15 minutes for post-test collection. The results show that it is presented a tendency to urinary pH alkalinity in the experimental group with values of 6.58 pre-test and 7.21 post-test; while the control group maintained acidity from its pre-test value at 6.47, maintaining acidity up to 6.35. The urinary volume maintained a tendency to reduction during exercise recovery in both groups. It concludes when monitoring the renal response, there is evidence of the manifestation of the buffer effect of bicarbonate, as well as the organic tolerance of the strategy of elaborating and ingesting the dissolution at 5% concentration of NaHCO_3 is considered effective for the study group.

Keywords: tampons, ph, urine, sodium bicarbonate, exercise

INTRODUCCIÓN

El desarrollo actual de la comunicación y el acceso a la información ha permitido que la actividad física pase a cumplir un rol importante en las so-

ciedades modernas, al difundirse su consideración como una necesidad beneficiosa para el bienestar y la salud integral, social e individual. De tal manera, que la afluencia de personas que asisten a gimnasios o parques, en sus tiempos libres, ha sido vertiginosa en las últimas décadas, ya sea por recomendación médica, voluntad propia o razones sociales. Según el Instituto Nacional de Estadística de España (INEE, 2008), un 38% de personas entre 25 y 44 años de edad participan en actividad física y deportes. No obstante, la baja sistematización del mismo es una condición que atenta contra el efecto positivo de ella, todo a causa de las obligaciones personales y laborales, lo cual origina un estilo de vida sedentario en general, cercano al 60% de prevalencia (Requena & Zubiaur, 2005) actitudes y hábitos de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León”, type:”article-journal”, volume:”14”}, uris:[“http://www.mendeley.com/documents/?uuid=05867889-2a47-4e8a-9bcd-caa8a112eb57”]”}, -mendeley”:{“formattedCitation”:”(Requena & Zubiaur, 2005.

En este orden de ideas, se considera que una persona que asiste a realizar actividad física con el objetivo de mejorar la salud o su estética debe contar con ciertos requisitos, como la sistematización, acompañamiento profesional y suficientemente calificado, planeación correcta e individualizada. Sin embargo, contar con todo ello genera costos importantes y lleva en ocasiones a esta población a tomar atajos, para aumentar su rendimiento y posibilidades funcionales durante la práctica deportiva o de actividad física.

En ese sentido, se observa el uso indiscriminado de sustancias, que a juicio de las personas que las usan, mejorará su rendimiento y colaborará en el alcance de sus objetivos propuestos. Especial consideración se merecen las sustancias llamadas ergogénicas, sobre las cuales mencionan que la mayoría de éstas se pueden categorizar como fuentes de energía potencial, refuerzos anabólicos, componentes celulares o agentes para la recuperación (Ramírez & Cristóbal, 2005). Es de destacar que dentro de las mismas, se encuentra el Bicarbonato de Sodio (NaHCO_3) como una de las sustancias orgánicas más

estudiadas en los últimos años (López Chicharro & Mojares, 2008).

Asimismo, otros estudios mencionan que al ingerir agentes que incrementan las concentraciones de bicarbonatos en el plasma sanguíneo, tales como el NaHCO_3 , se puede incrementar la concentración de Hidrogeniones (pH) de la sangre haciendo que esta sea más alcalina (Wilmore & Costil, 2007). Toxic chemical products formed as secondary metabolites by a few fungal species that readily colonise crops and contaminate them with toxins in the field or after harvest. Ochratoxins and Aflatoxins are mycotoxins of major significance and hence there has been significant research on broad range of analytical and detection techniques that could be useful and practical. Due to the variety of structures of these toxins, it is impossible to use one standard technique for analysis and/or detection. Practical requirements for high-sensitivity analysis and the need for a specialist laboratory setting create challenges for routine analysis. Several existing analytical techniques, which offer flexible and broad-based methods of analysis and in some cases detection, have been discussed in this manuscript. There are a number of methods used, of which many are lab-based, but to our knowledge there seems to be no single technique that stands out above the rest, although analytical liquid chromatography, commonly linked with mass spectroscopy is likely to be popular. This review manuscript discusses (a. Como se puede observar, la ingesta de NaHCO_3 puede representar un producto ergogénico de recuperación ante esfuerzos intensos, dada su enorme capacidad para incorporar en su molécula los agentes acidificantes producidos por las acciones degradantes sobre el glucógeno, la glucosa, la Fosfocreatina (Crp) o el Adenosin Trifosfato (ATP).

Es así como se liberan, desde el citosol, cantidades de Hidrogeniones (+H) los cuales se difunden al torrente sanguíneo proporcionando un estado de equilibrio mediante la participación dentro de los llamados sistemas de Tamponamiento o Buffer (Lopes, Reale, & Franchini, 2019; Moriones & Santos, 2017; López & Mojares, 2008, Wilmore & Costil, 2007; R Robergs, 2001; toxic chemical products formed as secondary metabolites by a few fungal species that readily

colonise crops and contaminate them with toxins in the field or after harvest. Ochratoxins and Aflatoxins are mycotoxins of major significance and hence there has been significant research on broad range of analytical and detection techniques that could be useful and practical. Due to the variety of structures of these toxins, it is impossible to use one standard technique for analysis and/or detection. Practical requirements for high-sensitivity analysis and the need for a specialist laboratory setting create challenges for routine analysis. Several existing analytical techniques, which offer flexible and broad-based methods of analysis and in some cases detection, have been discussed in this manuscript. There are a number of methods used, of which many are lab-based, but to our knowledge there seems to be no single technique that stands out above the rest, although analytical liquid chromatography, commonly linked with mass spectroscopy is likely to be popular. This review manuscript discusses (a)toxic chemical products formed as secondary metabolites by a few fungal species that readily colonise crops and contaminate them with toxins in the field or after harvest. Ochratoxins and Aflatoxins are mycotoxins of major significance and hence there has been significant research on broad range of analytical and detection techniques that could be useful and practical. Due to the variety of structures of these toxins, it is impossible to use one standard technique for analysis and/or detection. Practical requirements for high-sensitivity analysis and the need for a specialist laboratory setting create challenges for routine analysis. Several existing analytical techniques, which offer flexible and broad-based methods of analysis and in some cases detection, have been discussed in this manuscript. There are a number of methods used, of which many are lab-based, but to our knowledge there seems to be no single technique that stands out above the rest, although analytical liquid chromatography, commonly linked with mass spectroscopy is likely to be popular. This review manuscript discusses (a. Por lo que el control o equilibrio se logra gracias a la presencia del ácido débil que se encarga de consumir los Hidroxilos (OH^-) que aporta la base y la sal acepta los $+\text{H}$ del ácido adicionado (R. Robergs, 2001)three reactions release a total of four protons, and one reaction consumes two protons. The conversion of 2 pyruvate to 2 lactate by lactate dehydrogenase

(LDH. Teniendo en cuenta que existen sistemas buffer intracelulares y extracelulares (López Chicharro & Mojares, 2008). En el caso del presente trabajo se remitirá al estudio del buffer extracelular Bicarbonato - Acido Carbónico (HCO_3^- - H_2CO_3) considerado el más importante (Chicharro & Mulas, 1996).

En ese mismo orden de ideas, los avances de la ciencia en los intrincados procesos del metabolismo, han permitido aclarar muchos conceptos desde la biología molecular. Sobre todo, en lo referente a los efectos del ejercicio en el Ph, actualmente se han despejado muchas dudas en torno de la acidificación del mismo, poniendo de relieve el papel de agentes reductores de protones y clarificando el juego del equilibrio ácido-base relacionado con el ejercicio físico (Robergs, 2002).

Asimismo, se señala que una sustancia puede comportarse como ácido o base según la concentración de +H existente en el medio donde esté disuelta (11) donde el mantenimiento de un pH constante comprende amortiguación mediante fosfato, bicarbonato y proteínas (Rodwell & Murray, 2016). Por otro lado, se señala que el pH urinario suele ser variable y ácido pero menor a 6,5 y que en ejercicio intenso se observan pequeñas disminuciones (López & Mojares, 2008).

Además, se debe mencionar la aparición de la hiperventilación como compensación respiratoria, al eliminar la concentración de Dióxido de Carbono (pCO_2) en la sangre y sus respectivos +H , también denominados protones. Ante esto, se destaca que en el retorno de los valores normales interviene el riñón, que recupera las bases perdidas al tiempo que acidifica la orina. De tal manera, que así como el aparato respiratorio responde prácticamente de forma instantánea al incremento de ácidos, el riñón tarda horas (en situación fisiología) o incluso días (en situación patológica) en normalizar el bicarbonato gastado y así colaborar a la regulación del pH (Calderón, 2007).

Lo anteriormente expuesto, exhibe los mecanismos de acción de las ayudas ergogénicas, cuyo uso frecuentemente está asociado exclusivamente a población de deportistas, quienes buscan una marca o un resultado competitivo específico; sin embargo, en la práctica muchos suplementos ergogénicos han trascendido a otros ámbitos específicamente a población no deportiva. Esto

ha generado un posible uso indiscriminado y de dudosa efectividad, ya que en su mayoría siguen lineamientos estandarizados para sujetos deportistas.

A nivel práctico, en el caso del NaHCO_3 para poblaciones normales y sedentarias, es común observar el uso generalizado de lo que se ha establecido como dosis más efectivas, las cuales oscilan alrededor de los 300 mg/kg de masa corporal (Moriones & Santos, 2017; Siegler, Marshall, Bray, & Towlson, 2012) entre 30 y 60 minutos antes de realizar actividad física (Jones, Stellingwerff, Artioli, Saunders, Cooper, & Sale, 2016a; Siegler, Marshall, Bishop, Shaw, & Green, 2016), sin definir el porcentaje en disolución. Por lo tanto, un sujeto de 95 kilogramos que utilice esta norma, debería ingerir 27 gramos de NaHCO_3 , en una disolución a criterio personal. Suponiendo que disuelve 27 gramos de NaHCO_3 en 500cc de agua, esto sería poco tolerable al paladar, y podría conducir a efectos negativos de tipo gastrointestinal (Carr, Slater, Gore, Dawson, & Burke, 2011; Wilmore & Costil, 2007). Toxic chemical products formed as secondary metabolites by a few fungal species that readily colonise crops and contaminate them with toxins in the field or after harvest. Ochratoxins and Aflatoxins are mycotoxins of major significance and hence there has been significant research on broad range of analytical and detection techniques that could be useful and practical. Due to the variety of structures of these toxins, it is impossible to use one standard technique for analysis and/or detection. Practical requirements for high-sensitivity analysis and the need for a specialist laboratory setting create challenges for routine analysis. Several existing analytical techniques, which offer flexible and broad-based methods of analysis and in some cases detection, have been discussed in this manuscript. There are a number of methods used, of which many are lab-based, but to our knowledge there seems to be no single technique that stands out above the rest, although analytical liquid chromatography, commonly linked with mass spectroscopy is likely to be popular. This review manuscript discusses (a.

En consecuencia, del desconocimiento de una dosificación adecuada del NaHCO_3 en cuanto a su concentración para población normal, se han originado opiniones empíricas de personas involucradas en el negocio del fitness, así como en publicaciones públicas y periódicas se divulgan títulos y frases como: el bicar-

bonato para mejorar tu rendimiento (Harrison Sport Nutrition S.L., 2013) o una buena dosis de bicarbonato para entrenar duro (Strongsite, 2013). No obstante, se ha determinado que las dosis inadecuadas de ingesta de bicarbonato pueden no producir ningún efecto por déficit (Jones, Stellingwerff, Artioli, Saunders, Cooper, & Sale, 2016b; Siegler, Midgley, Polman, & Lever, 2010) o provocar efectos secundarios perjudiciales por exceso (Carr et al., 2011) but ingestion protocols are inconsistent in terms of using solution or capsules, ingestion period, combining NaHCO_3 with sodium citrate ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$).

En el caso del sistema renal y el ejercicio, se ha estudiado la incidencia del ejercicio físico en pacientes renales, donde se manifiesta, incluso, el mejoramiento de la capacidad física (Bolaños, Mesa, Vázquez, Lavilla, & Errasti, 1993). De la misma manera, se tiene claro que como consecuencia del ejercicio físico intenso se crea posibilidad de que la capacidad amortiguadora celular sea superada y se aumente la acidificación del organismo posteriormente mediante la filtración de las moléculas de Sodio (Na^+) obtenidas de NaHCO_3 se elimina por vía renal un $+\text{H}$ por cada una de ellas (Na^+) de esta manera se acidifica la orina (Robergs, 2001; Robergs, Ghiasvand, & Parker, 2004; three reactions release a total of four protons, and one reaction consumes two protons. The conversion of 2 pyruvate to 2 lactate by lactate dehydrogenase (LDH Bustamante & Córdón, 2013)).

Así mismo, algunos estudios indican la disminución el volumen urinario ante ejercicio físico (C. B. Chapman & Henschell, 1948) many of which have recently been reviewed by Herlitzka (1, también que el aumento del volumen plasmático a partir de la activación del sistema renina-angiotensina-aldosterona, provocaría un aumento de la retención de sodio y agua (Milledge, J., Bryson, E., Catley, D., Hesp, R., Luff, N., Minty, B., Withey, W. (1982); Opsstad, Øktedalen, Aakvaag, Fonnum, & Lund, 1985), por lo cual las personas entrenadas tienen aumentada la retención renal de Na^+ y consecuentemente de agua durante el ejercicio (Convertino, Brock, Keil, Bernauer, & Greenleaf, 1980). También, se señala que la disminución del flujo sanguíneo renal dismi-

nuye la volemia urinaria (Pérez, Bustamante, & de Paz, 2002) y que los cambios en la función renal debidos al ejercicio se relacionan más con la intensidad de este que con su duración (McInnis, Newhouse, Von & Thayer, 1998).

Si bien son conocidos los efectos ergogénicos de la ingesta de bicarbonato en humanos durante la ejecución de diversos ejercicios tanto de predominancia aeróbica (Noordhof, 2015; Siegler *et al.*, 2016; Zajac, Waskiewics, Langfort, Cholewa, & Poprzecki, 2014) The Author(s como anaeróbica (Christensen, Shirai, Ritz, & Nordsborg, 2017; Lopes *et al.*, 2019) y en distintas poblaciones deportivas (Noordhof, 2015; Driller, Gregory, Williams, & Fell, 2013; Siegler *et al.*, 2012; Van Montfoort, Van Dieren, Hopkins, & Shearman, 2004) high-intensity exercise, very little exists on optimal loading times before exercise. The purpose of this study was to determine the influence of NaHCO supplementation timing on repeated sprint ability (RSA y no deportivas (Carr *et al.*, 2011; Léger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988) but ingestion protocols are inconsistent in terms of using solution or capsules, ingestion period, combining NaHCO₃ with sodium citrate (Na₃C₆H₅O₇ se ha expandido un manejo silvestre y carente de criterio científico respecto de la dosificación y su uso para estas poblaciones sedentarias o iniciantes en la práctica regular de actividad física. Del mismo modo, el desconocimiento de las respuestas funcionales, específicamente las renales, ante la ingesta de bicarbonato, en sujetos sedentarios se presenta como una necesidad en la literatura científica.

Por lo tanto, evaluar la respuesta renal ante una ingesta específica del NaHCO₃ que esté acorde al cuidado del organismo de sujetos no deportistas, que pueda ser tolerable a la ingestión y que sea de fácil aplicabilidad a nivel práctico y reproducibilidad a nivel científico representa una opción adecuada a las necesidades científicas existentes para esta población. Es así, que en el presente estudio se plantea como objetivo analizar los efectos de la ingesta de agua bicarbonatada previo a la ejecución de ejercicio aeróbico en sujetos sedentarios.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

Caracterización de la investigación

El presente estudio se fundamentó en un enfoque empírico-inductivo, una ontología realista y una metodología cuantitativa. El tipo de investigación es descriptiva, con un diseño de campo, cuasi experimental y de corte transversal. La unidad de análisis (ver Tabla 1) está referida a sujetos sedentarios del sexo masculino, con actividad física eventual y poco o nada sistemática, sin antecedentes clínicos de afecciones renales crónicas. Con respecto al universo, se conformó por cinco (5) de ellos, divididos en dos (2) grupos: uno control con dos (2) participantes (con una edad promedio de 31 años) y otro experimental con tres (3) sujetos (con edad promedio de 29 años de edad). Todos fueron previamente informados de los protocolos y procedimientos.

Tabla 1. Características descriptivas básicas de los sujetos de estudio

Grupo Experimental				
Sujeto	Edad (años)	Peso (kg)	Estatura (cms)	IMC (mts/kg)
1	29	75,000	176,0	24,2
2	33	70,000	170,0	24,2
3	26	86,00	174,0	28,4
X	29,3	77,000	173,3	25,6
DS	3,5	8,200	3,1	2,4
Grupo Control				
Sujeto	Edad (años)	Peso (kg)	Estatura (cms)	IMC (mts/kg)
1	35	73,000	168,0	25,9
2	27	89,000	173,0	29,7
X	31,0	81,000	170,5	27,8
DS	5,7	11,300	3,5	2,7

X: promedio. Ds: desviación estándar. IMC: Índice de Masa Corporal. kg: kilogramos. cms: centímetros.

Consideraciones éticas

La información se mantuvo en absoluta confidencialidad. El estudio contó con la aprobación del Comité de Ética en Investigación Humana del Grupo

de Investigación OICAFD-UNELLEZ. De igual manera, los participantes diligenciaron y firmaron la autorización de participación y el consentimiento informado. Por lo tanto, el presente estudio cumplió con los estándares éticos internacionales establecidos en la Declaración de Helsinki.

$$\text{Concentración requerida (Creq)} = \frac{\% \text{ expresado en gramos (\% en gramos)} * \text{Volumen a preparar (V2)}}{\text{Vol. requerido (V1)}}$$

$$Creq = \frac{5g * 250 ml}{100ml}$$

$$Crg = 12,5g$$

Procedimiento

Para la preparación de la disolución se aplicó el siguiente procedimiento:

Se requirió una concentración de 5% por cada 100 cc, en 250 cc de disolución. Se procedió a aplicar la siguiente fórmula:

Para el control de las condiciones, se consideraron las siguientes actividades para ambos grupos, en el estricto orden que se muestra a continuación:

- Desayuno similar para los participantes y a la misma hora de las 7:30 a.m.
- Almuerzo con el mismo menú, 12:00 m.
- Bebida de 500 mililitros de agua 30 minutos después de almuerzo.
- Desechar primera orina.
- Bebida de 250 mililitros de disolución de agua bicarbonatada al 5% de concentración (solo grupo experimental) 60 minutos antes del test.
- Bebida de 250 mililitros de agua. (solo grupo control) 60 minutos antes del test.

Antes de la ejecución de la prueba se procedió a realizar un acondicionamiento morfofuncional específico, que permitiera generar una adaptación al protocolo del test en cuestión. El protocolo consistía en recorrer una distancia de 20 metros, de acuerdo con un ritmo controlado por la grabación del

test de Course Navette, describiéndose este test de aptitud cardiorrespiratoria de la siguiente manera: el sujeto comienza la prueba andando y la finaliza corriendo, desplazándose de un punto a otro situado a 20 metros de distancia y haciendo el cambio de sentido al ritmo indicado por una señal sonora que va acelerándose progresivamente, con un inicio de 8,5 km/h con aumentos de 0,5 km/h cada minuto (Léger *et al.*, 1988) healthy adults attending fitness class and athletes performing in sports with frequent stops and starts (e.g. basketball, fencing and so on).

En cuanto a la culminación de la prueba se consideraba cuando el sujeto no alcanzaba la línea inmediata, en dos (2) ocasiones, antes de que se active el próximo sonido de la grabación. De esta manera, logra su máxima intensidad en condiciones aeróbicas, específicamente su potencia aeróbica.

Después de culminado el test se realizaron ejercicios de recuperación activa mediante el control de la respiración. Seguidamente, se procedió a la recolección de la orina con un intervalo de 15 minutos hasta la tercera muestra, midiéndosele el pH y el volumen.

Materiales

En el desarrollo del experimento se utilizaron los siguientes materiales: Buffer de pH 7.0 (disolución de acetato de sodio/ácido acético a una concentración de 0,2 mol/dm³ de ambos), medidor de pH electrónico tipo lápiz Extech ©, matraz aforado de 100cc, agua destilada, disolución de bicarbonato al 5%, sala de demarcada en 20 metros con líneas paralelas, silbato, planilla de recolección de datos, lápiz, grabación estandarizada para el test de Course Navette.

Modelo estadístico

Se realizó un análisis descriptivo, calculándose medias, valores máximos y mínimos, desviación estándar. Los análisis se realizaron con el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS - Statistical Package for the Social Sciences) versión 24.0 para Windows.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En lo referente a los resultados, se muestran a continuación las tablas de los estadísticos descriptivos para el pH y volumen urinario pre-test y post-test del grupo experimental (Tabla 2) y control (Tabla 3). Más adelante, se explican los gráficos del comportamiento pre-test y post-test del pH (Gráfico 1) y el volumen urinario (Gráfico 2).

En la Tabla 2, el grupo experimental, presenta en cuanto al volumen pre-test, se ubica en un promedio de 79 cc y una desviación estándar (ds) de 4,00; el pH pre-test demuestra una media de 6,58 con una ds de 0,18. Los valores post-test del volumen tienen una media de 51,1cc para los 15 minutos, destacándose que el sujeto No. 2 no recogió muestra en esa oportunidad y el pH de los 15 minutos promedia 6,75. El promedio del volumen a los 30 minutos se encuentra en 50,3 en que el sujeto No. 2 recogió 102 cc, valor que supera cuatro (4) veces a los del volumen 30 minutos de los otros dos sujetos lo cual hace que la ds presente un valor elevado (40,8).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos para los valores de pH y volumen urinario (cc) del grupo experimental

Sujeto	Vol pre test (cc)	pH pre test	Vol 15m (cc)	pH 15m	Vol 30m (cc)	pH 30m (cc)	Vol 45m (cc)	pH 45m (cc)
1	75	6,78	36	7,01	25	8,36	n/r	n/r
2	79	6,55	n/r	n/r	102	6,82	25	7,58
3	83	6,42	67	6,48	24	6,46	33	6,89
X	79,00	6,58	51,5	6,75	50,33	7,21	29,00	7,24

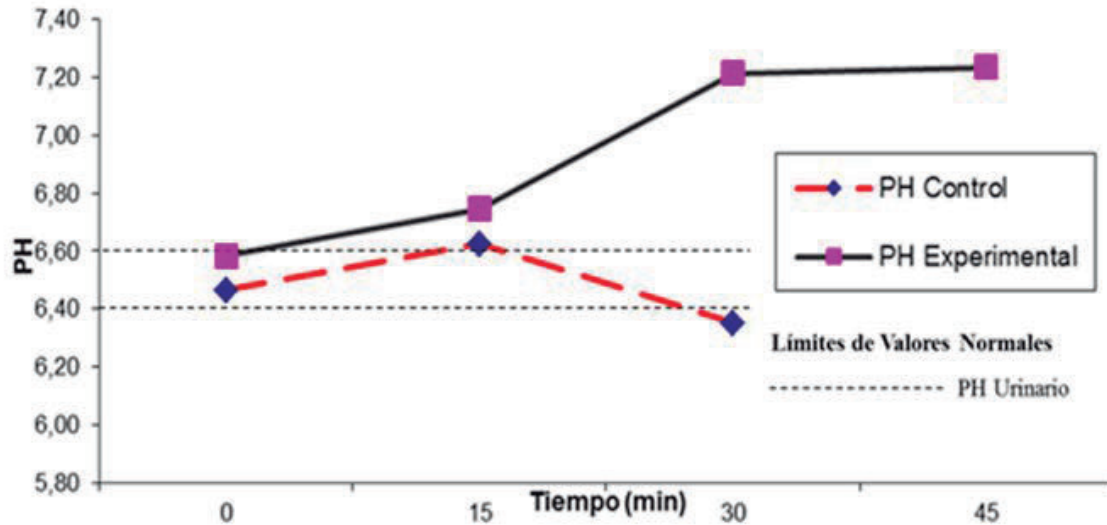
Nota: Vol: Volumen; n/r: no recogió muestr

Tabla 3. Estadísticos descriptivos para los valores de pH y volumen urinario (cc) del grupo control

Sujeto	Vol pre test (cc)	pH pre test	Vol 15m (cc)	pH 15m	Vol 30m (cc)	pH 30m (cc)	Vol 45m (cc)	pH 45m (cc)
1	82	6,38	47	6,62	17	6,35	n/r	n/r
2	82	6,55	43	6,63	n/r	n/r	n/r	n/r
X	82,00	6,47	45,00	6,63	17,00	6,35		

Nota: Vol: Volumen; n/r: no recogió muestra

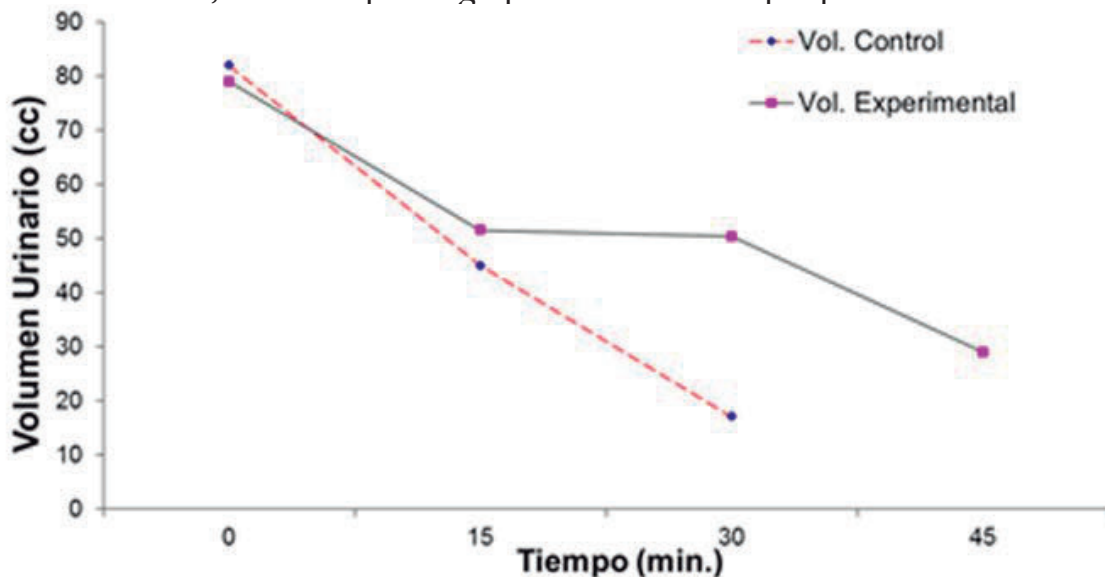
En la Tabla 3, se presenta que el volumen urinario pre-test se mantuvo constante en 82cc y su pH se ubicó en 6,47. Luego los valores promedio post-



test arrojaron una media de 45cc para el volumen a los 15 minutos y en la segunda toma, a los 30 minutos, solo el sujeto número uno (No. 1) logró recogerla con 17cc y un pH de 6,35. Para la muestra programada a los 45 minutos ninguno de los sujetos logró recoger muestra de orina.

Gráfico 1. Comportamiento del pH de los grupos control y experimental en relación con el tiempo de las muestras programadas

En el Gráfico 1, se observa para el grupo control como el pH promedio de la mues-



tra pre-test (6,47) presenta una leve tendencia hacia la alcalinidad en la primera muestra post-test (6,63) aunque manteniéndose ácido, para luego dirigirse de nuevo a la acidez (6,35) situándose más ácido que el valor inicial pre-test. En lo que respecta al grupo experimental se observa una tendencia hacia la alcalinidad desde el valor pre-test 6,58.

Gráfico 2. Comportamiento del volumen (cc) de los grupos control y experimental en relación con el tiempo de las muestras programadas

En cuanto al volumen del grupo control (Gráfico 2) se evidencia la propensión fuerte a la disminución del valor promedio desde la muestra pre-test (82cc) hasta las muestras post-test (45cc a los 15 min; 17cc a los 30 minutos). En relación al grupo experimental, se nota la tendencia a la disminución del volumen; sin embargo, el volumen promedio de su muestra del minuto 30 post-test (50,3 cc) casi triplica a la muestra del minuto 30 post-test del grupo control (17cc) y aún en el minuto 45 mantiene un valor evidentemente superior que la última recolección del grupo control. Se debe mencionar que los volúmenes urinarios pre-test presentan promedios parecidos para ambos grupos, con el grupo control ligeramente mayor (82cc) que el experimental (79cc).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En relación con los resultados encontrados en el experimento que se llevó a cabo, se evidencia que el pH urinario pre-test para el grupo control (pH: 6,47) y experimental (pH: 6,58) se ubican con valores cercanos a la referencia en reposo o actividades a baja intensidad de $\text{pH} < 6,55$ (4). Ahora bien, el comportamiento del pH urinario del grupo control destaca una tendencia hacia la alcalinidad al minuto 15 post-test, seguramente causado por la reacción del buffer extracelular bicarbonato-ácido carbónico ($\text{HCO}_3^- - \text{H}_2\text{CO}_3$), este valor del pH retorna la normalidad (entre 6,60 a 6,40) y disminuye hacia la acidez (pH: 6,35) hasta el control del minuto 30.

Esta reacción podría originarse en la probable incapacidad de compensar completamente la acidez muscular presentada por los sujetos, dando origen a la aparición de la regulación renal, siendo la principal función fisiológica

del riñón la de regular la excreción de sustancias inorgánicas (Bustamante & Córdón, 2013). Esa regulación pudiese tardar horas (en situación fisiológica) o incluso días en normalizar el bicarbonato gastado y ayudar a la regulación del pH (Calderón, 2007). Todo el proceso se ejecuta mediante la eliminación de H^+ por la orina, lo cual trae como consecuencia el incremento de la acidez de la misma, observada en un pH debajo de lo normal para el medio.

En tal sentido, el pH urinario del grupo experimental muestra una tendencia importante hacia la alcalinidad desde el valor pre-test (pH: 6,58) hasta el valor al minuto 45 post-test (pH: 7,24) ubicándose incluso (como se puede observar en el Gráfico 1) dentro del rango del pH sanguíneo normal y tornándose alcalino para el rango del pH urinario. Esto se corresponde con lo expresado por investigadores del área (Wilmore & Costil, 2007) toxic chemical products formed as secondary metabolites by a few fungal species that readily colonise crops and contaminate them with toxins in the field or after harvest. Ochratoxins and Aflatoxins are mycotoxins of major significance and hence there has been significant research on broad range of analytical and detection techniques that could be useful and practical. Due to the variety of structures of these toxins, it is impossible to use one standard technique for analysis and/or detection. Practical requirements for high-sensitivity analysis and the need for a specialist laboratory setting create challenges for routine analysis. Several existing analytical techniques, which offer flexible and broad-based methods of analysis and in some cases detection, have been discussed in this manuscript. There are a number of methods used, of which many are lab-based, but to our knowledge there seems to be no single technique that stands out above the rest, although analytical liquid chromatography, commonly linked with mass spectroscopy is likely to be popular. This review manuscript discusses (a, quienes explican que el $NaHCO_3$ participa en el incremento de la capacidad buffer o de tamponamiento frente a la liberación de protones H^+ en el entorno citosólico, de tal modo que al considerar que el pH presenta una escala logarítmica, el cambio inferior a una unidad puede representar consecuencias dramáticas (Roig, 2002). De esta manera, al aumentar la liberación de H^+ se genera una

tendencia hacia la alcalinidad en la sangre hasta regular el pH, situación parecida a los resultados encontrados en la investigación.

De igual forma, se indica resumidamente, que entre los principales efectos que tiene la ingesta del NaHCO_3 respecto de la práctica deportiva: aumento de las reservas alcalinas ante un ejercicio intenso, luchar contra la fatiga muscular producto de una elevación de lactato sanguíneo y facilitar la recuperación (Manzo, 1996). Sin embargo, hay que considerar algunos riesgos derivados por la ingesta de bicarbonato como supresor de la acidez producida por el ejercicio intenso. Ante esto, se señala que a pesar de que el bicarbonato se ha usado como remedio para la indigestión, se han reportado graves molestias gastrointestinales, incluida diarrea, calambres e hinchazón, al usar dosis elevadas de bicarbonato (Wilmore & Costil, 2007). Toxic chemical products formed as secondary metabolites by a few fungal species that readily colonise crops and contaminate them with toxins in the field or after harvest. Ochratoxins and Aflatoxins are mycotoxins of major significance and hence there has been significant research on broad range of analytical and detection techniques that could be useful and practical. Due to the variety of structures of these toxins, it is impossible to use one standard technique for analysis and/or detection. Practical requirements for high-sensitivity analysis and the need for a specialist laboratory setting create challenges for routine analysis. Several existing analytical techniques, which offer flexible and broad-based methods of analysis and in some cases detection, have been discussed in this manuscript. There are a number of methods used, of which many are lab-based, but to our knowledge there seems to be no single technique that stands out above the rest, although analytical liquid chromatography, commonly linked with mass spectroscopy is likely to be popular. This review manuscript discusses (a.

Esos efectos no fueron reportados en el grupo experimental del presente estudio, seguramente causado por la dosis regulada (5%) de disolución de bicarbonato ingerido (250 mililitros). Dentro de este marco de ideas, se menciona que los efectos secundarios indicados pueden evitarse según metodología propuesta en el presente estudio, que a pesar de considerar una dosis

estándar se ajusta la concentración a la cantidad de líquido ingerido y evitar consecuentemente efectos secundarios perjudiciales.

Por otra parte, la reducción progresiva del volumen urinario, evidenciada en el experimento, se ajusta a lo señalado por los autores (Bustamante & Córdón, 2013; C. Chapman, Henschel, Minckler, Forsgren, & Keys, 1948; Milledge *et al.*, 1982; Opstad *et al.*, 1985) quienes explican cómo los riñones reducen su excreción (diuresis) en un esfuerzo por prevenir altos niveles de deshidratación, además, de la producida por la pérdida de agua durante el ejercicio ante el incremento del calor corporal. Este efecto se puede comprender mejor al explicar la acción de la aldosterona, la cual manifiestan que estimula la reabsorción el sodio en los riñones y puesto que el agua sigue al sodio, ésta conservación renal del sodio requiere que los riñones también retengan agua (Wilmore & Costil, 2007) toxic chemical products formed as secondary metabolites by a few fungal species that readily colonise crops and contaminate them with toxins in the field or after harvest. Ochratoxins and Aflatoxins are mycotoxins of major significance and hence there has been significant research on broad range of analytical and detection techniques that could be useful and practical. Due to the variety of structures of these toxins, it is impossible to use one standard technique for analysis and/or detection. Practical requirements for high-sensitivity analysis and the need for a specialist laboratory setting create challenges for routine analysis. Several existing analytical techniques, which offer flexible and broad-based methods of analysis and in some cases detection, have been discussed in this manuscript. There are a number of methods used, of which many are lab-based, but to our knowledge there seems to be no single technique that stands out above the rest, although analytical liquid chromatography, commonly linked with mass spectroscopy is likely to be popular. This review manuscript discusses (a.

Por otro lado, se encuentra la hormona antidiurética (ADH) estimulada en parte por la angiotensina II, que al igual que la aldosterona, favorece la reabsorción de agua en los riñones, lo que conlleva la conservación del agua y en consecuencia la conservación del volumen urinario. Por lo cual, en el experimento se alcanzó una alta intensidad en zona de potencia aeróbica, activan-

do los mecanismos de aumento del plasma y por consiguiente se disminuye la volemia urinaria, dicho resultado coincide con los hallazgos de la literatura (Bustamante & Córdón, 2013; C. Chapman et al., 1948). Se considera la disminución del volumen urinario más acelerado en el grupo control, mientras que el experimental presentó un ritmo más paulatino de disminución del volumen de orina, y favorecer la excreción urinaria, por consiguiente la función de limpieza renal del exceso de $+H$.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados encontrados durante el monitoreo de la respuesta renal, se puede manifestar, amparados en la tendencia del pH urinario hacia la alcalinidad (grupo experimental) y la leve disminución de acidez del pH urinario para aumentar posteriormente (en el grupo control) que para el grupo de sujetos sedentarios evaluados, el efecto buffer del bicarbonato se manifiesta de manera eficiente, mediante la estrategia de elaborar disolución al 5% de concentración de $NaHCO_3$. Por otra parte, se reafirma la importancia del sistema renal en la pérdida de H^+ para disminuir los altos niveles de acidez en el organismo, causados por ejercicios progresivos y de alta intensidad en zona de potencia aeróbica y conseguir como consecuencia acelerar el proceso de recuperación ante la fatiga producida por los altos niveles de ácidos ($+H$) en el organismo.

Es importante señalar, que para el uso de ayudas ergogénicas en el ejercicio, deben considerarse los límites de tolerancia del organismo ante las mismas, con el cuidado, en primera instancia, el equilibrio homeostático y orgánico del sujeto a quien se le administra. Aunado a ello, han de existir criterios de ética para la administración del bicarbonato, en función de la preservación de la salud de quien recibe esta ayuda ergogénica.

Finalmente, se recomienda profundizar en estudios similares y realizar trabajos con muestras poblacionales (n) más amplias para evaluar la posibilidad de extrapolación de la estrategia de suplementación experimentada, para sujetos sedentarios que se inician en programas de entrenamiento físico de

resistencia y desarrollo de la potencia aeróbica.

REFERENCIAS

- Bolaños, L., Mesa, L., Vázquez, C., Lavilla, J., & Errasti, P. (1993). Ejercicio físico e insuficiencia renal crónica, 2. Recuperado de: <https://www.unav.edu/publicaciones/revistas//index.php/revista-de-medicina/article/viewFile/7000/6150>
- Bustamante, G., & Córdón, C. (2013). Amortiguadores (Buffers). *Revista de Actualización Clínica*, 40, 2087–2091.
- Calderón, J. (2007). *Fisiología aplicada al deporte*. Madrid: (Tébar, Ed.).
- Carr, A., Slater, G., Gore, C., Dawson, B., & Burke, L. (2011). Effect of Sodium Bicarbonate on $[\text{HCO}_3^-]$, pH, and Gastrointestinal Symptoms Carr and Gore are with the Physiology. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*.
- Chapman, C., & Henschell, A. (1948). The effect of exercise on renal plasma flow in normal male subjects. *The Journal of clinical investigation*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1172/JCI102011>
- Chapman, C., Henschel, A., Minckler, J., Forsgren, A., & Keys, A. (1948). The effect of exercise on renal plasma flow in normal male subjects. *The Journal of clinical investigation*, 27(5), 639–644.
- Chicharro, J., & Mulas, A. (1996). Fundamentos de fisiología del ejercicio. *Ediciones pedagógicas*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1108/09513550510576125>
- Christensen, P., Shirai, Y., Ritz, C., & Nordsborg, N. (2017). Caffeine and bicarbonate for speed. A meta-analysis of legal supplements potential for improving intense endurance exercise performance. *Frontiers in Physiology*, 8(MAY), 1–16. Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00240>
- Convertino, V., Brock, P., Keil, L., Bernauer, E., & Greenleaf, J. (1980). Exercise training-induced hypervolemia: Role of plasma albumin, renin, and vasopressin. *Journal of Applied Physiology Respiratory Environmental and Exercise Physiol-*

ogy.

- Driller, M., Gregory, J., Williams, A., & Fell, J. (2013). The effects of chronic sodium bicarbonate ingestion and interval training in highly trained rowers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 23(1), 40–47. Recuperado de: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.23.1.40>
- Harrison Sport Nutrition S.L. (2013). Bicarbonato de Sodio para mejorar el rendimiento. Recuperado de <https://www.hsnstore.com/blog/bicarbonato-de-sodio-para-mejorar-rendimiento/>
- Instituto Nacional de Estadística de España. (2008). *Encuesta Nacional de Salud 2006*. Madrid.
- Jones, R. L., Stellingwerff, T., Artioli, G. G., Saunders, B., Cooper, S., & Sale, C. (2016a). Dose-response of sodium bicarbonate ingestion highlights individuality in time course of blood analyte responses. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 26(5), 445–453. Recuperado de: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0286>
- Jones, R. L., Stellingwerff, T., Artioli, G. G., Saunders, B., Cooper, S., & Sale, C. (2016b). Dose-response of sodium bicarbonate ingestion highlights individuality in time course of blood analyte responses. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2015-0286>
- Léger L., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/02640418808729800>
- Lopes P., Reale, R., & Franchini, E. (2019). Acute and chronic effect of sodium bicarbonate ingestion on Wingate test performance: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1524739>
- López, J., & Mojares, L. (2008). Fundamentos de fisiología Del ejercicio. *Fisiología cli-*

nica del ejercicio. Recuperado de: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.healun.2006.04.006>

- Manzo, J. (1996). *Bases Teóricas del Entrenamiento Deportivo*. Madrid: Gymnos.
- McInnis, M., Newhouse, I., Von Duvillard, S., & Thayer, R. (1998). The effect of exercise intensity on hematuria in healthy male runners. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s004210050480>
- Milledge, J. S., Bryson, E. I., Catley, D. M., Hesp, R., Luff, N., Minty, B. D., ... Withey, W. R. (1982). Sodium balance, fluid homeostasis and the renin-aldosterone system during the prolonged exercise of hill walking. *Clinical Science*. <https://doi.org/10.1042/cs0620595>
- Moriones, V., & Santos, J., (2017). Ayudas ergogénicas en el deporte. *Nutricion Hospitalaria*. Recuperado de: [://doi.org/10.20960/nh.997](https://doi.org/10.20960/nh.997)
- Noordhof, D. (2015). Dietary Supplements to Improve Energy Metabolism During Long-Track Speed Skating Overzichtsartikel. *Sport & Geneeskunde*, (3), 6–18. Recuperado de <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=s-3h&AN=133951798&site=ehost-live>
- Opstad, P., Øktedalen, O., Aakvaag, A., Fonnum, F., & Lund, P. (1985). Plasma renin activity and serum aldosterone during prolonged physical strain - The significance of sleep and energy deprivation. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/BF00426289>
- Pérez, R., Bustamante, J., & De Paz, J. (2002). La actividad física como modificadora de la función renal. Revisión histórica. *Nefrologia*, 22, 15–23.
- Ramirez, F., & Cristóbal, S. (2005). *Estudio sobre los efectos de la suplementación con bicarbonato de sodio en la fatiga de ciclistas de montaña amateurs*. Trabajo de Grado de Licenciatura en línea. Recuperado de: <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>

- Requena, C., & Zubiaur, M. (2005). Evolución de motivaciones, actitudes y hábitos de los estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León. *European Journal of Human Movement*, 14, 65–79.
- Robergs, R. (2001). Exercise-Induced Metabolic Acidosis: Where do the Protons come from? *Sportscience*.
- Robergs, R. A. (2002). Blood acid-base buffering: Explanation of the effectiveness of bicarbonate and citrate ingestion. *Journal of Exercise Physiology Online*.
- Robergs, R., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 287(3 56-3), 502–516. Recuperado de: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00114.2004>
- Rodwell, V., & Murray, R. (2016). Bioquímica y medicina. En *Harper. Bioquímica ilustrada*, 30e. Madrid: Editorial Langer
- Roig, J. (2002). *Metabolismo Energético (Mioenergía): Un análisis de los Errores de Interpretación*. Recuperado de <https://g-se.com/metabolismo-energetico-mioenergia-un-analisis-de-los-errores-de-interpretacion-136-sa-H57cfb27107b3e>
- Siegler, J., Marshall, P., Bishop, D., Shaw, G., & Green, S. (2016). Mechanistic Insights into the Efficacy of Sodium Bicarbonate Supplementation to Improve Athletic Performance. *Sports Medicine - Open*, 2(1), 1–13. Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s40798-016-0065-9>
- Siegler, J., Marshall, P., Bray, J., & Towlson, C. (2012). Sodium bicarbonate supplementation and ingestion timing: Does it matter? *Journal of Strength and Conditioning Research*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182392960>
- Siegler, J., Midgley, A., Polman, R. C., & Lever, R. (2010). Effects of various sodium bicarbonate loading protocols on the time-dependent extracellular buffering profile. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181aeb154>

- Strongsite, M. (2013). Una buena dosis de bicarbonato de sodio para entrenar duro. Recuperado de <https://www.masmusculo.com.es/research/una-buena-dosis-de-bicarbonato-de-sodio-para-entrenar-duro/>
- Van Montfoort, M. C., Van Dieren, L., Hopkins, W., & Shearman, J. (2004). Effects of ingestion of bicarbonate, citrate lactate, and chloride on sprint running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000132378.73975.25>
- Wilmore, J., & Costil, D. (2007). Fisiología del esfuerzo y del deporte. En *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Zajac, A., Waskiewics, Z., Langfort, J., Cholewa, J., & Poprzecki, S. (2014). Efectos de la Ingesta de Bicarbonato de Sodio sobre el Rendimiento de Natación en Atletas Jóvenes. *PubliCE Standard*.